

О СООТНОШЕНИИ ПРОМЫВНОГО И ПРОТОЧНОГО ГИДРОЛИЗА В ОБРАЗОВАНИИ БОКСИТОВ (НА ПРИМЕРЕ ПРОВИНЦИЙ КМА И СЕВЕРНОЙ ОНЕГИ)

В. И. Сиротин, Е. Е. Белявцева

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 23 октября 2008 г.

Аннотация: на примере провинций КМА и Северной Онеги характеризуется соотношение промывного и проточного гидролиза в образовании бокситов. Остаточные бокситы-латериты есть результат, главным образом, промывного, а осадочные – проточного гидролиза.

Ключевые слова: остаточные и осадочные бокситы, гидролиз проточный и промывной.

Abstract: correlation between jigged and running hydrolysis in bauxite formation is characterized on the example of KMA and North Onega provinces. Residual bauxite-laterites are mainly the result of jigged hydrolysis, and sedimentary ones – the result of running hydrolysis.

Key words: residual and sedimentary bauxite, jigged and running hydrolysis.

С процессами выветривания связано образование основной массы остаточных и осадочных пород зоны гипергенеза. Основным процессом выветривания на обширных площадях гумидного литогенеза является промывной гидролиз, приводящий к разложению силикатов и алюмосиликатов, образованию глинистых минералов, бокситов, железных руд и других остаточных руд, высвобождению и накоплению устойчивых минералов россыпей. Однако процессы выветривания не ограничиваются субаэральной зоной в областях сноса, они продолжаются и на путях переноса и даже в процессах седиментации и раннего диагенеза. В частности, на путях переноса совершается проточный гидролиз в условиях промывания бескремневыми слабокислыми водами [1], результаты которого могут быть аналогичны промывному гидролизу.

Главным фактором, определяющим соотношение промывного и проточного гидролиза при образовании бокситов и родственных пород, является рельеф времени бокситообразования. Детально основные черты рельефа доверхневизейского перерыва, с которым связаны все промышленные тела бокситов в Белгородском районе КМА, рассмотрены ранее [2].

Территория Белгородского бокситожелезрудного района и прелагающих к нему площадей представляла собой эрозионно-денудационную равнину – доверхневизейский пенеплен – с двумя гипсометрическими уровнями-ступенями: низким,

расположенным к северо-востоку от Большетроицких и Прохоровских аномалий в пределах Курско-Корочанского массива и высоким, распространенным к юго-западу от тех же аномалий. Рельеф низкого уровня имеет преимущественно эрозионный характер, формирование долин происходило в предбобриковское время, но эрозионная сеть развивалась и на фоне тульской трансгрессии, формировались тульские, более мелкие долины-притоки («тульские врезы»); некоторые из них своими верховьями достигали склонов высокого уровня. Каменноугольные отложения низкого гипсометрического уровня в Белгородском боксито-железрудном районе представлены песчано-глинистыми с прослоями углей отложениями яснополянского надгоризонта, они имеют максимальные мощности – до 60–70 м. В составе всех остальных горизонтов визейского и серпуховского ярусов резко возрастает роль карбонатных пород.

Основными элементами рельефа высокого уровня являются (рис. 1):

1. Останцовые грядовые формы, приуроченные к выходам пород железрудной свиты курской серии и аналогичным породам оскольской серии, имеют северо-западное простирание, распадаются на холмы с ассиметричными склонами; они принадлежат к разным ступеням высокого уровня: 1) бобриковско-тульской (возвышаются над прилегающими участками равнины – всего на несколько метров; 2) алексинско-михайловской (возвышаются на 15–20 м); 3) веневской (возвышаются на 30–50 м); 4) серпуховской (возвышаются на 50–70 м).

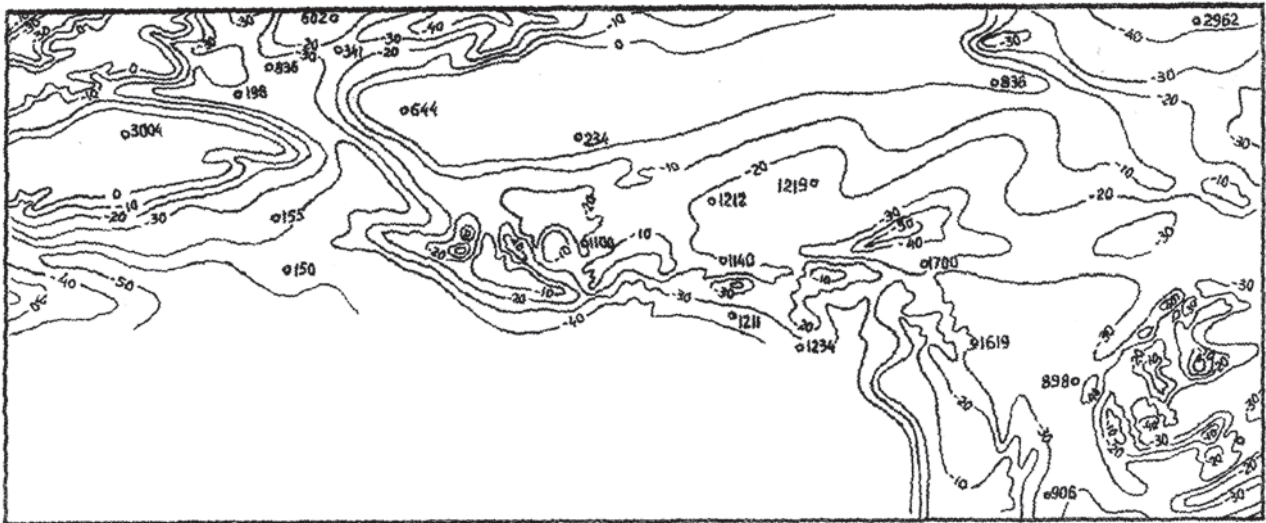


Рис. 1. Карта палеорельефа докембрийской поверхности Висловского месторождения (северный фланг), восстановленного на начало веневского времени по методу реперных поверхностей: хорошо выражены особенности рельефа – его останцово-карстовый характер и отсутствие четко выраженной эрозионной сети, что характерно для всего Белгородского бокситожелезрудного района [2]

2. Впадины карстового происхождения имеют глубину 40–90 м и ширину 100–500 м и протяженность до 2–4 км, расположены в зонах контакта гряд, сложенных железистыми кварцитами и рудами, и прилегающей «сланцевой» ступени, обычно только в контурах останцово-грядовых форм. Они сопряжены с линейно-площадными корами выветривания и богатыми железными рудами большой мощности, их образование объясняется гравитационной усадкой железных руд. В образовании впадин существенную роль играет и выщелачивание кварца из сланцев, растворение прослоев безрудных кварцитов, «оплавление» рельефа (альтипланация) в процессе латеризации. Впадины и останцы образуют останцово-карстовый рельеф. В пределах высокого уровня выделяются: 1) главная водораздельная, наиболее высокая останцовая зона, проходящая в Белгородском районе почти с севера на юг в направлении примерно Беленихино-Гостищево и далее к юго-западу от г. Белгорода; 2) расположенные ниже гипсометрические ступени, каждая из которых включает и останцовые гряды, выступающие для отдельных месторождений в роли более низкорасположенных водоразделов. Более четко выделяются бобриковско-тульская, алексинско-михайловская и веневская ступени.

3. Разделяющие останцово-карстовый рельеф межгрядовые «сланцевые» равнины, весьма слабо расчлененные, приуроченные к выходам сланцевых толщ тех же серий (алексинско-михайловская ступень) или к магматическим и гранито-гнейсовым комплексам архея (бобриковско-тульская ступень).

4. Эрозионные формы разного масштаба (балки, промоины и т. д.), имеют в пределах останцово-грядового рельефа глубину вреза не более 5–10 м, как правило, располагаются в пределах одной ступени высокого уровня; в краевой части «сланцевых» равнин встречаются более крупные эрозионные долины, прорезающие несколько ступеней. Характерной особенностью большинства впадин является отсутствие выхода в эрозионную сеть низкого гипсометрического уровня. Сочетание указанных форм создает своеобразный, быть может, неповторимый рельеф в пределах основных железорудных и бокситорудных месторождений. Главной его особенностью является отсутствие развитой сквозной эрозионной сети и карстовые формы рельефа [2]. Эти особенности рельефа определяли соотношение промывного гидролиза, характерного для останцово-карстовых форм рельефа, и проточного гидролиза, характерного для мелких эрозионных форм.

Ниже рассматриваются конкретные примеры образования бокситов, возникших с разной степенью участия промывного и проточного гидролиза на примере бокситоносных провинций КМА и Северной Онеги.

Разрез скважины 1748 (бокситоносная провинция КМА (рис. 2)) имеет полный профиль коры выветривания, мощность зоны латерита составляет около 10,5 м, в нижней части развиты бокситы пористые, реликтивно-псевдобокситовые бемит-бертьерин-гиббситовые, в верхней – более плотные, гиббсит-бемит-бертьериновые, сидеритизирован-

ные. Гиббсит является первичным минералом зоны латерита (концентрируется в различной степени выщелоченных пятнах очках), бемит и бертьерин концентрируются в псевдоцементе и вторичны по отношению к гиббситу [3, 4, 5]. Из этого следует, что гиббсит является результатом промывного, а бемит и бертьерин – проточного гидролиза, что подтверждается строением и составом переотложенных пород – составной осадочной части боксито-железородного комплекса. В разрезе скважины снизу вверх выделяются четыре условных ритма: 1-й (в интервале 582,50 – 575,00 м) сложен в нижней части обломочными породами, включая обломки гиббситовых и бертьерин-гиббситовых бокситов, вверх по разрезу постепенно уменьшается количество обломочного материала до полного исчезновения и появляются авто- и аллохтонных растительные остатки, выше залегает бурая гидрогематит-каолинит-бертьериновая порода; сидерит в ритме стратифицирован. Завершающая часть ритма без сидерита; 2-й (в интервале 575,00 – 570,20 м) имеет сходное строение с 1-м ритмом – начинается с обломочных пород, содержит большое количество обломков гиббситовых бокситов; выше по разрезу материал утоняется, появляются растительные остатки, завершается ритм бурой гидрогематит-каолинит-бертьериновой породой. Ритм бессидеритовый; 3-й (в интервале 570,20 – 561,80 м) – в нижней части ритма, преимущественно, развиты породы сидерит-бертьеринового состава, обломочные, с выщелоченными обломками гиббситовых бокситов, в верхней – гидрогематит-бертьеринового состава, бессидеритовые; 4-й (в интервале 561,80 – 559,50 м) – в нижней части ритма преобладают породы сидерит-бертьеринового состава с остатками растительности, верхняя часть представлена бертьериновой бессидеритовой породой. Присутствие стратифицированного сидерита свидетельствует об эпизодическом «вклинивании» в ходе осадконакопления восстановительных и слабощелочных условий

Фациальная картина разреза скважины 1748 такова: в полуизолированном подлагуенном водоеме с восстановительным режимом отлагаются продукты разрушения богатых железных руд и бокситов-латеритов, затем происходит заболачивание водоема и, возможно, торфо- или почвообразование с последующим кратковременным осушением, слабым окислением осадков и диагенетическим преобразованием. Образование бурой гидрогематитовой породы происходит в субаквальных условиях слабоаэрируемой лагуны или в условиях

прибрежно-морского мелководья вначале со слабоокислительным, а затем восстановительным режимом. Условия подлагуенного озера постепенно сменялись условиями заболоченной опресненной лагуны и открытого мелководного моря. Бертьеринизация и сидеритизация проявились в глиноземной и железистой корах выветривания еще до отложения осадков, имеющих алексинский возраст. Степень диагенетического изменения обломочного материала зависит от их состава: обломки бокситовых пород и железных руд преобразуются интенсивно, в то время как обломки серицит-бертьериновых пород не испытывают существенных изменений.

Разрез скважины 1919 (бокситоносная провинция КМА (рис. 2)) представлен переотложенными продуктами коры выветривания алексинского горизонта. В разрезе скважины выделяется: 1) в интервале 614,80 – 613,00 м в нижней его части находятся гравелиты без существенных изменений (в обломках гиббситовые бокситы), диагенетические изменения внизу представленные каолинитизацией и бертьеринизацией, вверху – бемитизацией, сначала слабой – на контакте гиббситовых обломков и цемента, затем интенсивной – с преобразованием обломочной структуры (с растворением гиббсита) в макропористую губчатую или реликтово-обломочную; 2) в интервале 613,00 – 609,70 м наблюдается своеобразный микролатеритный профиль на осадочных породах; в основании его залегает плотная железисто-глинистая порода с алевропелитовой структурой, с обломками серицитовых и каолинит-серицитовых пород на гематит-каолинитовом цементе. Вверх по разрезу она постепенно переходит в бурый бемитовый боксит. Однако еще выше наблюдаются яшмовидные породы с железистыми пизолитами, являющиеся, возможно, реликтами почвенного горизонта. Выше – бертьерин-каолинитовая порода без свободного глинозема; 3) в интервале 609,20 – 608,30 м – обломочный гиббситовый боксит, переходящий в бертьерин-каолинитовую породу с авто- и аллохтонными растительными остатками алексинского горизонта [4, 5, 6, 7].

Сравнение этих двух разрезов алексинско-михайловской ступени свидетельствует о разной степени проявления эрозии и проточного гидролиза. В разрезе скважины 1919 (мелкие западины пологих склонов) интенсивнее проявлялась эрозия, что привело к полному размыву зоны латерита; и одновременно проявился интенсивный проточный гидролиз в ходе формирования осадочной

бокситоносной части, что привело к растворению гиббситовых обломков и кристаллизации бемита [6, 7, 8].

В разрезе скважины 1745 (слабо проточные впадины) сохранилась от эрозии зона латерита, но процесс растворения гиббсита и кристаллизации бемита проявлен слабо, неотчетливо.

Разрез скважины 7097 (Северо-Онежская бокситоносная провинция) представляет собой бокситоносный разрез высокого уровня досредневежеской поверхности, к которому принадлежат все промышленные бокситы. Детально нами он описан ранее [9, 10].

Выделяются следующие составные части разреза.

1. Бокситоматеринская порода (интервал 63,4–58,0 м) глины пестроцветные, алевритистые, слюдистые, переслаиваются со слюдисто-кварцевыми алевролитами. Содержание кварца в нижней половине интервала до 45–50 %, в верхней – до 30–40 %. Слюда представлена выветрелым мусковитом, реже биотитом (размер от 0,03 до 0,15 мм), содержание слюд от обломочной части составляет не более 10 %. Цемент хлорит-гетитовый, базальный, местами выполнения пор. Чешуйки биотита замещаются серицит-хлоритовым агрегатом.

2. Кора выветривания верхнедевонских глинистых пород (интервал 58,0–54,5 м) глинистые породы бурые, слабоалевритистые, каолинитослюдистые с текстурами «смятия», «завихрения», пloidчатости. Глины представлены чешуйчатыми агрегатами серицита, окрашенными гидроокислами железа, с примесью каолинита и хлорита [9]. Интервал отличают три особенности: 1) резкое сокращение содержания кварца (до 5 %), 2) появление своеобразной трещиноватости, однонаправленной, согласной со слоистостью и пloidчатостью: размер трещин не более 0,001–0,02 мм, 3) глины характеризуются слабой бертьеринизацией. В верху интервала (57,0–56,3 м) глины охристые, ожелезненные, уплотненные, серицит-каолинитовые, бескварцевые, установлена примесь байерита. В интервале 56,3–54,5 м каолинитовые породы белые, полусухарные, микропористые, слабо бертьеринизированные, массивные, бескварцевые. Характерна «свилеватость», микропloidчатость, явления микропросадки, то есть признаки изменения объема породы. На последующее преобразование пород на месте указывают: 1) интенсивное обеление породы; 2) пятнистая каолинитизация (основная масса породы представлена смесью гелеморфного и отчетливого чешуйчатого каоли-

нита и бертьерина); 3) появление кристаллического бемита в зоне контакта гелеморфного и чешуйчатого каолинита или в контакте с реликтовыми бурыми гелями. Глинистые породы этого интервала представляют каолинитовые продукты коры выветривания верхнедевонских терригенно-глинистых пород, измененные в условиях проточного гидролиза глеевым процессом. Поверхность коры выветривания иногда маркируется маломощной глинисто-железистой «коркой» мощностью около 0,5 см, состоящей из гематита, гетита с примесью каолинита.

3. Переотложенные продукты первичного латеритного профиля (интервал 54,5–51,3 м) отмечены аллиты со спутано-чешуйчатой структурой с гетитом и слабой бертьеринизацией. В основании разреза – гравелиты, обломки неправильной формы с размерами до 2×3 мм состоят из каолинита с реликтами серицита. В цементе наблюдаются «пятна-обломки» алевритовой размерности, обеленные, серицит-каолинитового, каолинитового и гиббситового состава (рис. 1, обр. 6–11). Количество их не превышает 5–10 % объема породы. Наблюдается чередование слойков гравелита, алевропсаммитов и пелитов с волнистослоистой текстурой и углефицированными растительными остатками. Химический состав аллитов: Al_2O_3 – 40,9 %, SiO_2 – 35,14 %. Мощность переотложенных продуктов латеритной коры выветривания 3,2 м, на Иксинском месторождении – 3,0–3,5 м. В обломках отмечаются бурые гиббситовые латериты (рис. 3). Цемент представлен каолинитовым гелем с подчиненным содержанием гематита, гиббсита и бертьерина. Распределение гиббсита свидетельствует о его переотложении из коры выветривания (пятнистый и беспорядочный характер кристаллизации в цементе).

4. Бемитовая «наложенная» кора выветривания [10] (интервал 51,3–50,0 м). Эта часть разреза важна для оценки роли проточного гидролиза и требует повторного детального рассмотрения. В разрезе установлены отчетливо бертьеринизированные обеленные продукты коры выветривания (аллиты), представленные переслаиванием пелитовых бертьерин-бемит-каолинитовых пород с алевро-псаммитовыми разностями. Основная масса пелитов сложена гелеморфным каолинитом с примесью бертьерина и скрытокристаллического бемита; местами обособляются пеллеты каолинит-бемитового состава неправильной формы, размером не более $0,2 \times 0,4$ мм, в которых реликты серицита отсутствуют. Качество бокситовых пород здесь

Условные обозначения

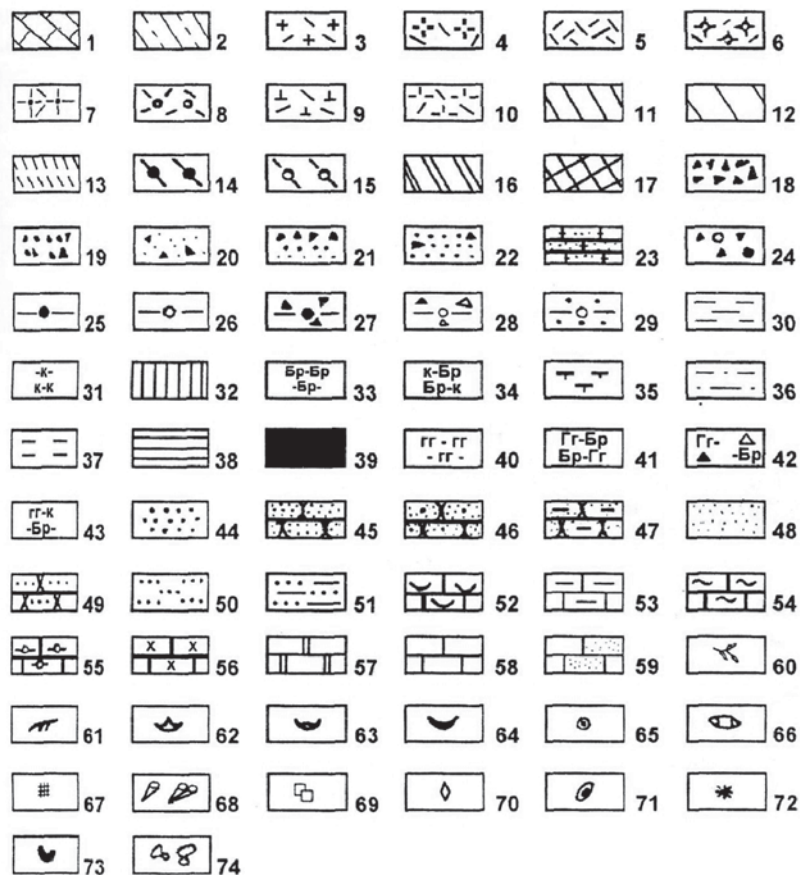
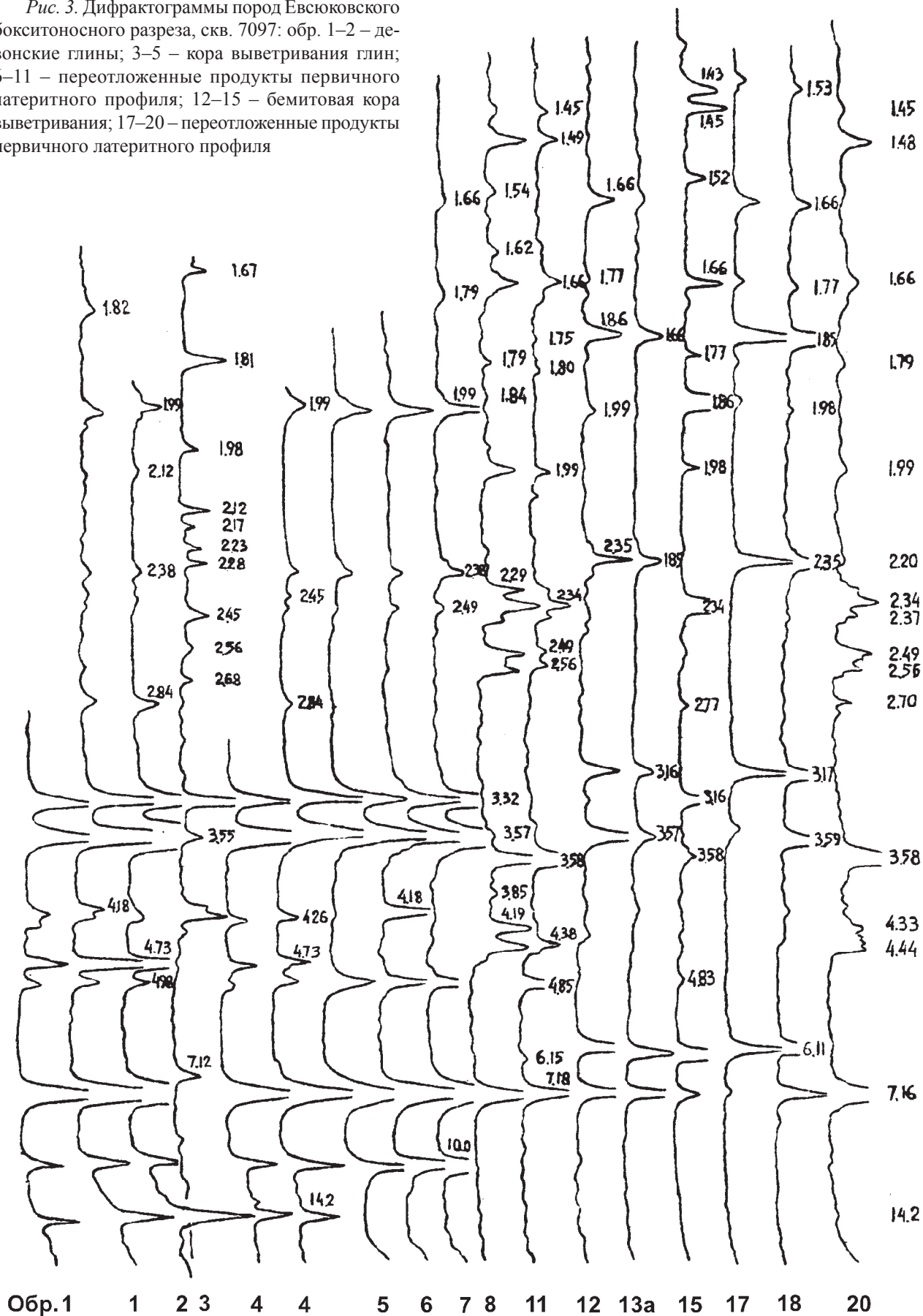


Рис. 2. Разрезы алексинско-михайловской ступени Мелихово-Щебекинского месторождения: холмов-останцов (СКВ.2760), склонов (СКВ.2766, 2771, 1999), мелких западин пологих склонов (СКВ.1919) и слабopоточных впадин (СКВ. 1748, Петропавловский участок): 1 – мраморизированные и доломитизированные известняки; породы коры выветривания докембрийского фундамента; 2 – металавролиты и сланцы; кора выветривания гранитов: 3 – зона I, 4 – зона II, 5 – зона III; сиенитов: 6 – зона I, 7 – зона II, 8 – зона III; серпентинитов: 9 – зона I, 10 – зона II; сланцев: 11 – зона I, 12 – зона II, 13 – зона III, 14 – зона IV (подзона бокситов), 15 – зона IV (подзона аллитов); железистых кварцитов: 16 – окисленные кварциты, 17 – богатые железные руды; 18 – конгломератобрекчии грубообломочные, 19 – конгломератобрекчии мелкообломочные и гравелиты, 20 – то же, с глинистыми обломками коры выветривания, 21 – то же, с ритмичным строением (конгломераты, гравелиты, псаммиты), 22 – железные руды с преобладанием мелкообломочного псаммитового и алевритового материала, 23 – железорудные песчаники и алевро-

литы, 24 – железные руды со свободным глиноземом (железисто-глиноземистые породы); 25 – бокситы осадочные, преимущественно тонкодисперсные, 26 – аллиты осадочные, преимущественно тонкодисперсные, 27 – бокситы осадочные с обломками железных руд; 28 – аллиты осадочные с обломками железных руд, бокситов и глинистых пород, 29 – аллиты с мелкообломочным железорудным материалом; глины: 30 – без уточнения состава, 31 – каолиновые, 32 – сухарные, 33 – бертьериновые, 34 – каолинит-бертьериновые, 35 – известковистые, 36 – алевритистые, 37 – углистые, 38 – аргиллиты, 39 – угли; железисто-глинистые породы: 40 – гидрогематитовые и гидрогетитовые, 41 – гидрогематит-гидрогетит-бертьериновые, 42 – то же, с обломками железных руд, 43 – гидрогематит-каолинит-бертьериновые; обломочные кварцевые породы: 44 – гравелиты, гравий, гравийные пески, 45 – песчаники, 46 – то же, с примесью гравия, 47 – песчаники глинистые, 48 – пески, 49 – алевролиты, 50 – алевриты, 51 – алевриты глинистые; известняки: 52 – детритусовые, 53 – глинистые, 54 – глинистые волнисто-слоистые, 55 – узловатые, 56 – перекристаллизованные, 57 – доломитизированные, 58 – пелитоморфные, 59 – песчанистые; 55 – узловатые, 56 – перекристаллизованные, 57 – доломитизированные, 58 – пелитоморфные, 59 – песчанистые; растительные остатки: 60 – аллохтонные, 61 – автохтонные; фауна: 62 – брахиоподы, 63 – остракоды, 64 – пелициподы, 65 – криноидеи, 66 – фораминиферы, 67 – мшанки, 68 – одиночные и колониальные кораллы; минералы и минерализация: 69 – пирит, 70 – сидерит, 71 – пизолиты железистые, 72 – ожелезнение, 73 – окремнение, 74 – пористость

Рис. 3. Дифрактограммы пород Евсюковского бокситоносного разреза, скв. 7097: обр. 1–2 – девонские глины; 3–5 – кора выветривания глин; 6–11 – переотложенные продукты первичного латеритного профиля; 12–15 – бемитовая кора выветривания; 17–20 – переотложенные продукты первичного латеритного профиля



повышается: Al_2O_3 – 53,36 %, SiO_2 – 25,64 %. Рассмотренный интервал является нижней аллитной подзоной бемитового профиля. В интервале 50,0–48,4 м – структурные латериты, светло-бурые, неслоистые, хрупкие, микропористые. Ярко выражены текстурные вторичные признаки, свидетельствующие об усадке (микроплойчатость, смятие и т. д.). Латериты состоят из каолинита с неупорядоченной структурой, гетита и скрытокристаллического бемита. Отмечаются реликты светло-бурых нелатеризированных каолининовых пород (49,8–49,5 м). С глубины 49,0 м бокситы становятся каменистыми, обеленными, в них хорошо выделяется линзовидно-полосчатая текстура глинистых переотложенных латеритов. Основная масса светло-кремового цвета, сложенная бемит-каолининовым скрытокристаллическим агрегатом; местами обособляется тонкокристаллический бемит. Характерной чертой пород является образование тонкой смеси скрытокристаллического каолинита и бемита и несовершенная кристаллическая структура каолинита. На начальной стадии латеритизации (бемитизации) серицит-каолининовый агрегат более или менее равномерно пропитан гидроокислами железа. В дальнейшем возникает обломочно-пеллетовая структура: первичный терригенно-суспензиальный осадок из бурых гидроокислов железа и гелеморфного каолинита (бурого геля) с примесью обломочного гиббсита и серицита замещается каолинит-бемитовым гелем с образованием пеллет, которые освобождаются от гидроокислов железа, часть которых редуцируется и входит в состав бертьерина. В пеллетах уменьшается содержание гиббсита, резко сокращается количество чешуек измененного серицита, увеличивается содержание бемита. Основная масса приобретает псевдообломочную структуру. Формирование ее идет таким образом, что рождающиеся пеллеты внешне создают «обломочность» породы, в то время как в интерстициях их включены каолинит-серицитовые, более тонкие обломки, имеющие весьма расплывчатые контуры. Гелефикацию и образование пеллетовой структуры мы относим к процессам последующего изменения осадка. Дальнейшая эволюция геля приводит к образованию макропористых «губчатых» бокситов существенно бемитового состава (48,4–47,4 м). Бокситы здесь светло-бурые, существенно бемитовые, с примесью каолинита, макропористые, губчатые (рис. 3). Основная масса скрытокристаллическая, бемитовая, с примесью гетита, с реликтами коломорфных структур. Поры неправильной формы, размером до

2×4 мм, часто их неровные стенки пронизаны более мелкими порами размерами в доли миллиметра и, таким образом, в бокситах существует сложная единая система сообщающихся каналов. Стенки пор часто покрыты криптозернистым гетитом. Содержание минералов: бемита 75–90 %, каолинита 10–20 %, окислов железа 5–10 %. Породы являются высококачественными бокситами: Al_2O_3 – 67,18 %, SiO_2 – 6,06 %. В интервале 47,4–46,3 м бокситовые породы светло-охристого цвета, глиноподобные, массивные или неотчетливо слоистые, хрупкие, полусухарные с редкими чешуйками мусковита; в основной массе преобладает осветленный каолинит-бемитовый гель, местами отмечена пеллетовая структура. С глубины 46,7 м бокситы слабо бертьеринизированы, с бледно-зеленоватой каолининовой массой, более плотные, с редкими пятнами, сложенными темно-бурым железисто-бемитовым гелем. В разрезе Беловодской залежи макропористые разности отсутствуют, наблюдается переслаивание псаммитовых с обломочно-пеллетовой и пеллитовых бокситов, иногда со следами переотложения, с пятнами обеления, все они бемитсодержащие. Бемитизация в бокситах проявлена неравномерно: усиливается снизу вверх по разрезу и более интенсивная в псаммитовых разностях. Качество бокситового материала заметно повышается. Неустойчивость окислительно-восстановительного потенциала подчеркивается наличием линз и прослоев слабо бертьеринизированных бокситовых пород, а также окисленных пород с минерализованными аллохтонными растительными остатками и с «корочками» гетита.

5. Переотложенные продукты «первичной» (небемитизированной) коры выветривания (46,3–45,5 м). Бокситовые породы бурые, железистые, каолининовые, с отчетливо обломочной структурой – «глинистые псаммиты». Цемент бурый железисто-каолининовый с примесью бемита. Обломки представлены: продуктами коры выветривания актинолитовых сланцев, глинисто-железистыми и каолининовыми породами, реже – гиббситовыми бокстами. Общее количество обломков от 25 до 50 % объема породы. Отмечены растительные остатки, ходы илоедов, выполненные каолинитом. Породы кровли бокситового разреза аналогичны. Их накопление происходило в субаквальных озерно-лагунных условиях. Они не испытали заметного вторичного обогащения глиноземом, имеют, как и вышележащая железобобовая толща, более широкое распространение по сравнению с бокситами. Образование их связано с размывом и переотложением первичного гиббситового латеритного профиля.

6. Переотложенные продукты «вторичной» бемитовой коры выветривания. Ранее нами описаны обнажении стенки Североонежского рудника [9] (интервал 2,1–0,0 м) бокситы пестроцветные с псаммитовой, гравеллитовой и мелко-галечниковой структурой, существенно бемитовые и каолинит-бемитовые. Строение разреза усложняется появлением линз бокситов, обогащенных железистыми бобовинами, и прослоем железистой кирасы, состоящей из плотной гематитовой породы непостоянной мощности (но не более 1,0 м) с примесью безводного глинозема и бемита. В основании интервала (2,1–1,5 м) обломки представлены: 1) существенно бемитовыми бокситами, состоящими из гранулярного бемита с примесью бертьерина, каолинита; 2) бокситами рыхлыми, сильно пористыми: «дырчатыми», сложенными красно-бурым гетито-бемитовым гелем с колломорфной натечной структурой; 3) каолинит-серицитовыми железистыми породами и обломками-бобовинами (без концентрического строения). Встречаются также обломки – продукты коры выветривания ультраосновных пород, слабо выветрелых эффузивов, гиббситовых латеритов с реликтовой полосчатой текстурой и др. Цемент – бемитовый светло-зеленовато-серый гель с примесью гетита и бертьерина.

Таким образом, в разрезе бокситоносной толщи по скв. 7097 (Северная Онега) четко прослеживаются три спаренных слоя (снизу вверх):

1-я пара:

52,20–51,30 м – переотложенные продукты латеритной коры выветривания, результат промывного (вертикального) гидролиза и последующего переотложения ($Al_2O_3 = 40,91\%$, $SiO_2 = 35,14\%$);

51,30–50,00 м – бокситы, образованные в результате проточного (горизонтального) гидролиза нижележащих осадков ($Al_2O_3 = 53,36\%$, $SiO_2 = 25,64\%$);

2-я пара:

50,00–48,40 – бокситы преимущественно гиббситовые, глинистые продукты переотложения латеритной коры выветривания, но в отличие от нижележащего своего аналога все же слабо переработанные проточным гидролизом, что приводит к образованию «полусухарных» глин (вместо бемитовых бокситов); уничтожению слоистости. $Al_2O_3 = 46,70\%$, $SiO_2 = 24,34\%$;

48,40–47,40 – бокситы макропористые, высококачественные, мелкокавернозные, образованные в результате проточного гидролиза, диагенетическое субаэральное их образование убедительно доказывается отсутствием слоистости, макропорами, образование которых исключается в ходе осаж-

дения осадка. $Al_2O_3 = 67,18\%$, $SiO_2 = 6,06\%$, $Fe_2O_3 = 7,4\%$;

3-я пара:

47,40–46,70 м – бокситы неслоистые, хрупкие. $Al_2O_3 = 57,52\%$, $SiO_2 = 12,19\%$;

46,70–46,30 м – бокситы кавернозные, бемитовые результат переработки бокситового осадка проточным гидролизом;

4-я пара:

46,30–45,90 м – бокситовые породы, внизу – видимо, бокситы со слабо выраженным проточным гидролизом – нижний слой пары; выше – 45,90–45,50 м – бокситовые породы железистые, с железистыми конкрециями, проточный гидролиз полностью затухает. Выше – железобобовая толща михайловского горизонта [9].

Итак, бокситы КМА и Северной Онеги образуются в результате промывного гидролиза, господствующего при образовании бокситов-латеритов коры выветривания, при этом формируется остаточная часть бокситового генетического комплекса [4, 9]. Этот механизм образования бокситов является главным и общим для всех бокситовых месторождений экваториальной, субэкваториальной и тропической влажной зон Земли, по крайней мере, в течение фанерозойского эона. При формировании осадочной части бокситового генетического комплекса промывной гидролиз совмещается с проточным, а иногда и им полностью замещается, что было доказано при образовании остаточных макропористых «губчатых» бокситов КМА и осадочных макропористых бокситов Северной Онеги. Разница здесь не в механизме образования, а лишь в структурно-текстурных особенностях бокситовых пород, подвергающихся проточному гидролизу: в остаточных бокситах КМА растворяется гиббсит в пятнах-«очках» с последующей кристаллизацией бемита [4, 8] в «межочковом» пространстве; в осадочных бокситах с обломочной (гравеллитовой или псаммитовой) структурой растворяется гиббсит в обломках с последующей кристаллизацией бемита в цементе. В бокситах Северной Онеги, где остаточные промышленные залежи не известны, осадочные макропористые «губчатые» бокситы (Беловодская залежь) возникают в результате дальнейшего преобразования осадочных гиббсит-содержащих бокситовых пород в условиях проточного гидролиза по тому же механизму: гиббсит в обломках бокситов растворяется, макропоры есть результат как этого растворения, так и результат возникающих объемных эффектов реакций метасоматического замещения при переходе гиббсита в бемитовую фазу [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бушинский Г. И. О выветривании, промывном гидролизе и проточном диагенезе / Г. И. Бушинский // Литол. и полезн. ископаемые. – 1977. – № 6. – С. 32–43.
2. Сиротин В. И. Доверхневизейский бокситоносный перерыв Воронежской антеклизы / В. И. Сиротин // Вестн. ВГУ. Сер. геол. – 1997. – № 4. – С. 3–21.
3. Сиротин В. И. Значение рентгено-спектрального микроанализа в изучении бокситов : (на примере КМА и Северной Онеги) / В. И. Сиротин // Литология и полезные ископаемые. – 1988. – № 2. – С. 65–85.
4. Сиротин В. И. История минералов свободного глинозема и эволюция литолого-минералогических типов бокситов КМА / В. И. Сиротин // Литология и полезные ископаемые. – 1973. – № 6. – С. 68–83;
5. Сиротин В. И. О диагенезе и эпигенезе латеритной коры выветривания и общей схеме эволюции бокситового вещества КМА / В. И. Сиротин // Литология терригенных толщ фанерозоя Воронежской антеклизы. – Воронеж, 1979. – С. 53–57.
6. Сиротин В. И. О некоторых особенностях формирования древних латеритных кор выветривания : (на примере КМА) / В. И. Сиротин // Поведение рудогенных элементов в опорных профилях выветривания. – Новосибирск, 1982. – С. 111–121.
7. Сиротин В. И. Стадиальный анализ древней глиноземной коры выветривания КМА / В. И. Сиротин // Проблемы теории образования коры выветривания и экзогенные месторождения. – М., 1980. – С. 239–253.
8. Сиротин В. И. Метасоматическая модель формирования визейского бокситоносного латеритного профиля КМА / В. И. Сиротин // Вестн. ВГУ. Сер. геол. – 2000. – № 9. – С. 7–15.
9. Сиротин В. И. Бокситы Северо-Онежского района / В. И. Сиротин, С. Т. Акаемов, В. Н. Бунеев, В. А. Налбандов // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1988. – № 7. – С. 78–92.
10. Акаемов С. Т. Палеогеография визейского века Северо-Онежского бокситорудного района и сопредельных районов / С. Т. Акаемов, В. Н. Бунеев, В. И. Сиротин // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1985. – № 2. – С. 43–53.

Сиротин Виктор Иванович – доктор геолого-минералогических наук, профессор, Воронежский государственный университет. Тел.: (4732) 208-980

Белявцева Екатерина Евгеньевна – преподаватель, Воронежский государственный университет. Тел.: (4732) 208-980

Sirotin Victor Ivanovich. – Doctor of the Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Voronezh State University. Tel.: (4732) 208-980

Belyavtceva Ekaterina Evgenjevna – Teacher, Voronezh State University. Tel.: (4732) 208-980